

MOD Element Dak iXpando

Dakconstructie
aangemaakt op 2.5.2018

Thermische isolatie

$U = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 $R_c = 7,209 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$
EnEV Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



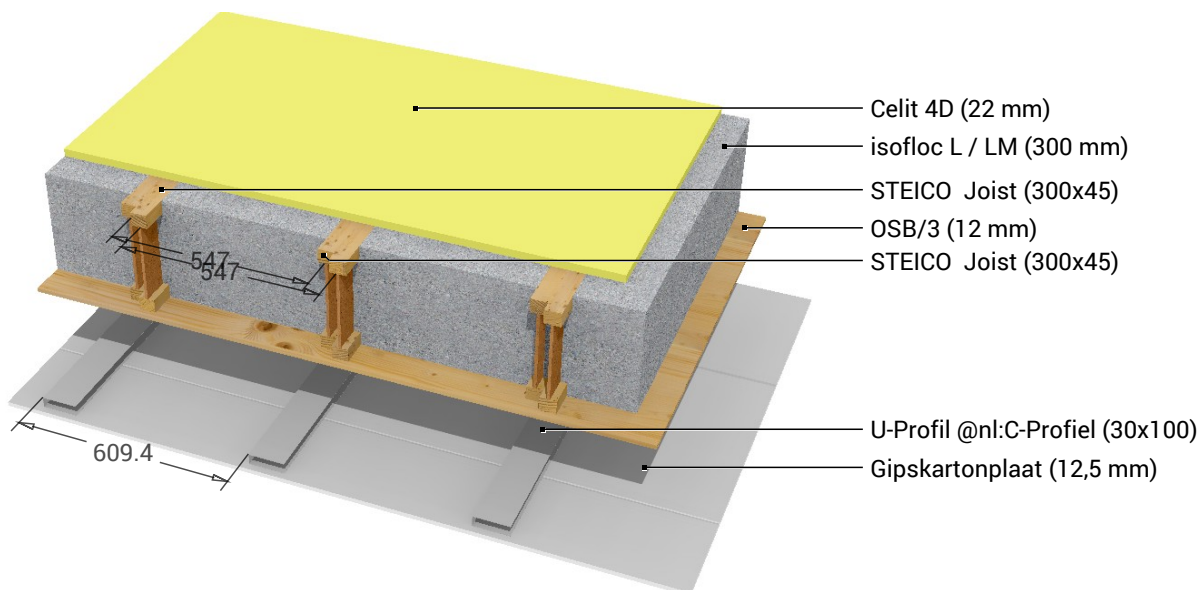
Vochtbescherming

Droogreserve: $3198 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Geen condensatiewater



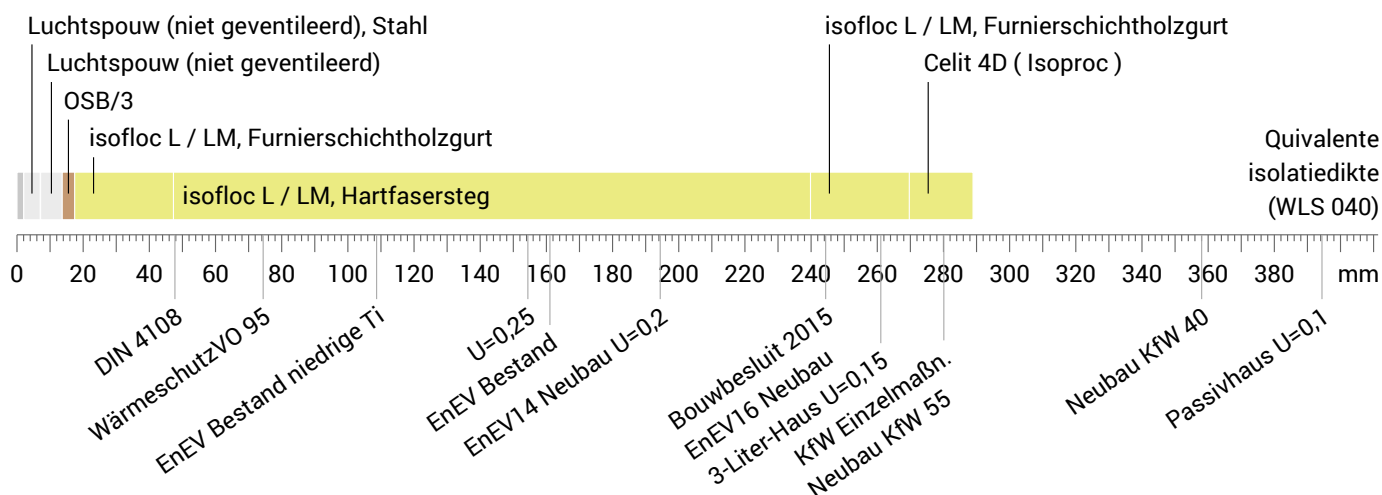
Hittebescherming

Temperatuur amplitude demping: 52
Faseverschuiving: 15,3 h
Warmtecapaciteit binnen: $49 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Isolatie-effect van afzonderlijke lagen en vergelijking met referentiewaarden

De thermische weerstand van de afzonderlijke lagen is omgebouwd tot millimeters isolatiemateriaal. De weegschaal heeft betrekking op isolatiemateriaal van warmtegeleidingsvermogen $0,040 \text{ W}/\text{mK}$.



Kamerlucht: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$	sd-waarde: $5,6 \text{ m}$	Dikte: $57,7 \text{ cm}$
Omgevingslucht: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$	Droogreserve: $3198 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht: $48 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oppervlaktetemperatuur.: $19,0^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$		Warmtecapaciteit: $85 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

EnEV Bestand Bouwbesluit 2015 EnEV16 Neubau EnEV14 Neubau

*Vergelijking van de U-waarde met grenswaarde volgens Bouwbesluit 2015; den Höchstwerten aus EnEV 2014 Anlage 3 Tabelle 1 (EnEV Bestand); 80% des U-Werts der Referenzausführung aus EnEV 2014 Anlage 1 Tabelle 1 (EnEV16 Neubau); der Referenzausführung aus EnEV 2014 Anlage 1 Tabelle 1 (EnEV14 Neubau)

MOD Element Dak iXpando, U=0,14 W/(m²K)

U-waardeberekening volgens DIN EN ISO 6946

#	Materiaal	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]
	Warmteovergangswaarde binnen (Rsi)			0,100
1	Gipskartonplaat	1,25	0,250	0,050
2	Luchtspouw (niet geventileerd)	3,00	0,188	0,160
	Stahl (0,098%)	3,00	50,000	0,001
	Stahl (Breedte: 10 cm)	0,06	50,000	0,000
	Stahl (Breedte: 10 cm)	0,06	50,000	0,000
3	Luchtspouw (niet geventileerd)	20,00	1,250	0,160
4	OSB/3	1,20	0,130	0,092
5	isofloc L / LM	30,00	0,040	7,500
	Hartfasersteg (Breedte: 0.8 cm)	22,20	0,308	0,721
	Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	3,90	0,130	0,300
	Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	3,90	0,130	0,300
	Hartfasersteg (Breedte: 0.8 cm)	22,20	0,308	0,721
	Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	3,90	0,130	0,300
	Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	3,90	0,130	0,300
6	Celit 4D (Isoproc)	2,20	0,048	0,458
	Warmteovergangswaarde buiten (Rse)			0,040
	Gehele constructie	57,65		

De warmteovergangswaarden werden volgens DIN 6946 Tabel 1 geselecteerd.

Rsi: Richting van de warmtestroom opwaarts

Rse: Richting van de warmtestroom opwaarts, buiten: Directe overgang naar buitenlucht

Bovenste grenswaarde van de warmteovergangswaarde $R'_T = 7,847 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Onderste grenswaarde van de warmteovergangswaarde $R''_T = 7,207 \text{ m}^2\text{K/W}$.

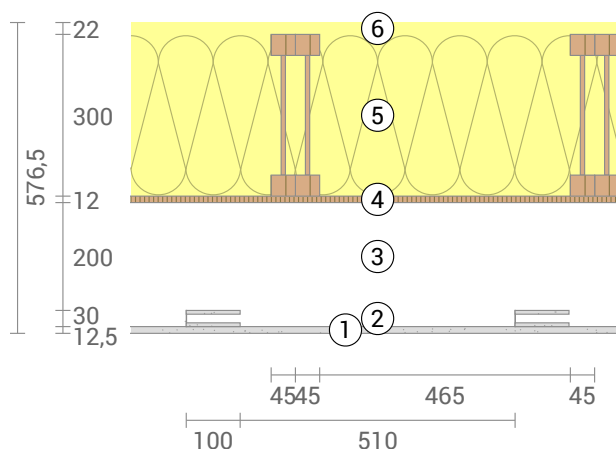
Toepasselijkheid controleren: $R'_T / R''_T = 1,089$ (maximaal toegestaan: 1,5)

De procedure kan worden gebruikt.

Warmteovergangswaarde $R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 7,527 \text{ m}^2\text{K/W}$

Schatting van de maximale relatieve fout volgens 6.2.5: 4,3%

Warmteovergangscoefficient $U = 1/R_T = 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



MOD Element Dak iXpando, U=0,14 W/(m²K)

Jaarlijks warmteverlies

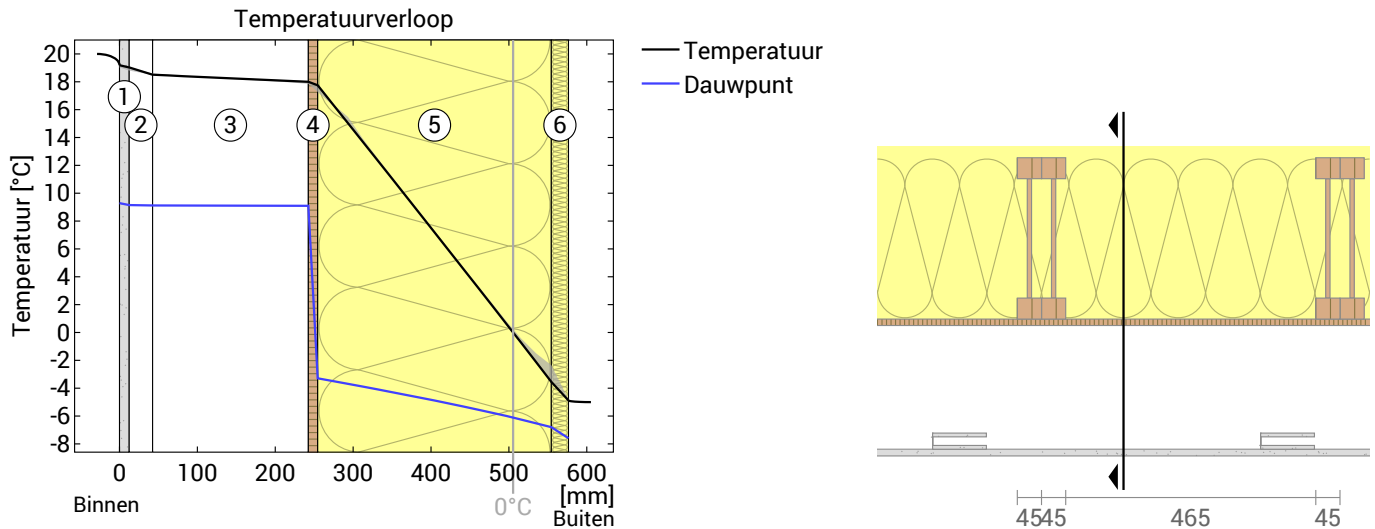
Warmteverlies door deze component: 9,0 kWh per m² en verwarmingsperiode (ca. 0,89 liter stookolie per m²)

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Begin oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

Opmerking: De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen soms sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen sterk afwijken van de werkelijke waarde.

MOD Element Dak iXpando, U=0,14 W/(m²K)

Temperatuurverloop



- ① Gipskartonplaat (12,5 mm)
- ② Luchtspouw (30 mm)
- ③ Luchtspouw (200 mm)
- ④ OSB/3 (12 mm)
- ⑤ isofloc L / LM (300 mm)
- ⑥ Celit 4D (22 mm)

Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Warmteovergangswaarde*		0,250	19,0	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,250	0,050	18,8	19,2	8,5
2	3 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,188	0,160	18,5	19,0	0,0
	3 cm Stahl (0,098%)	50,000	0,001	18,6	18,8	0,2
	0,06 cm Stahl (Breedte: 10 cm)	50,000	0,000	18,5	18,5	0,8
	0,06 cm Stahl (Breedte: 10 cm)	50,000	0,000	18,9	19,0	0,8
3	20 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	1,250	0,160	17,8	18,6	0,2
4	1,2 cm OSB/3	0,130	0,092	17,3	18,0	7,4
5	30 cm isofloc L / LM	0,040	7,500	-3,6	17,8	14,1
	22,2 cm Hartfasersteg (Breedte: 0.8 cm)	0,308	0,721	-0,4	15,2	2,6
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	0,130	0,300	15,2	17,4	1,4
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	0,130	0,300	-2,6	-0,4	1,4
	22,2 cm Hartfasersteg (Breedte: 0.8 cm)	0,308	0,721	-0,4	15,2	2,6
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	0,130	0,300	15,2	17,4	1,4
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	0,130	0,300	-2,7	-0,4	1,4
6	2,2 cm Celit 4D (Isoproc)	0,048	0,458	-4,9	-2,3	5,5
	Warmteovergangswaarde*		0,040	-5,0	-4,8	
	57,65 cm Gehele constructie		7,349			48,6

*Warmteovergangswaarden volgens DIN 4108-3 voor vochtbescherming en temperatuurprofiel. De waarden voor de U-waardeberekening vindt u op de pagina 'U-waardeberekening'.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	19,0°C	19,2°C	19,2°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,9°C	-4,9°C	-4,8°C

MOD Element Dak iXpando, U=0,14 W/(m²K)

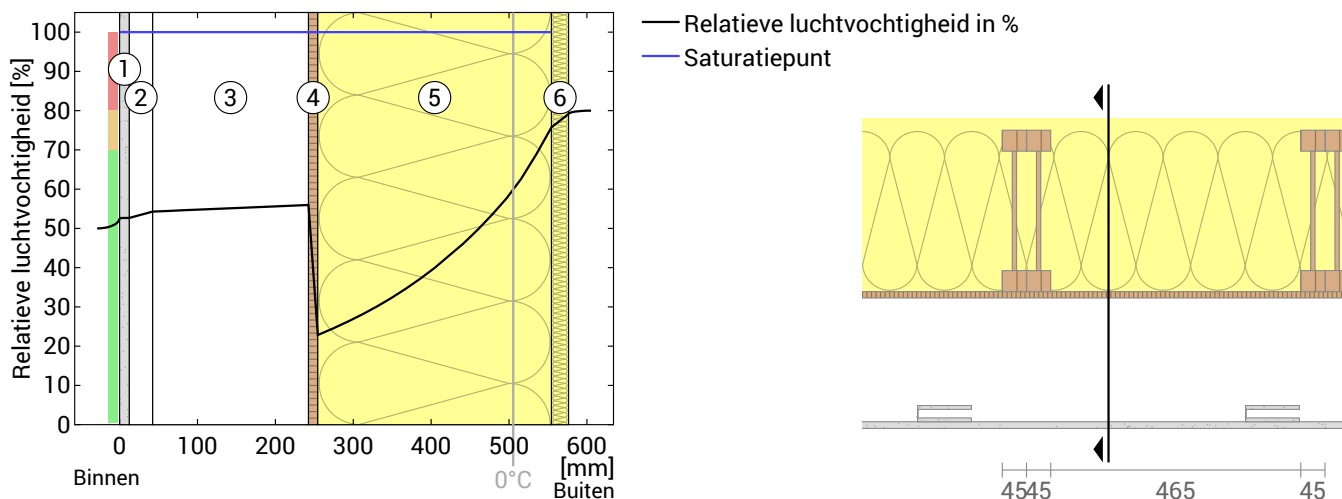
Vochtbescherming

Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.
Die Trocknungsreserve dieses Bauteils beträgt 3198 g/(m²a). Von der DIN 68800-2 gefordert: mindestens 250 g/(m²a).

#	Materiaal	sd-waarde [m]	Condenswater [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,05	-	8,5
2	3 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,01	-	0,0
	3 cm Stahl (0,098%)	30,00	-	0,2
	0,06 cm Stahl (Breedte: 10 cm)	1500	-	0,8
	0,06 cm Stahl (Breedte: 10 cm)	1500	-	0,8
3	20 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,01	-	0,2
4	1,2 cm OSB/3	3,60	-	7,4
5	30 cm isofloc L / LM	0,60	-	14,1
	22,2 cm Hartfasersteg (Breedte: 0.8 cm)	2,22	-	2,6
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	0,78	-	1,4
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	1,95	-	1,4
	22,2 cm Hartfasersteg (Breedte: 0.8 cm)	2,22	-	2,6
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	0,78	-	1,4
	3,9 cm Furnierschichtholzgurt (Breedte: 4.5 cm)	1,95	-	1,4
6	2,2 cm Celit 4D (Isoproc)	0,11	-	5,5
	57,65 cm Gehele constructie	5,59		48,6

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur van de binnenwand is 19,0°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 53%. Onder deze omstandigheden is schimmelmicrobiële groei niet te verwachten.
Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



- ① Gipskartonplaat (12,5 mm)
- ③ Luchtspouw (200 mm)
- ⑤ isofloc L / LM (300 mm)
- ② Luchtspouw (30 mm)
- ④ OSB/3 (12 mm)
- ⑥ Celit 4D (22 mm)

Voor de berekening van de diffusiestromen werd een tweedimensionale eindige-elementenmethode gebruikt. Nadere informatie in het invoerformulier onder "Bescherming tegen vocht".

MOD Element Dak iXpando, U=0,14 W/(m²K)

Vochtbestendigheid volgens DIN 4108-3:2014-11 Aanhangsel A

Let op de aanwijzingen aan het einde van deze berekeningen voor de bescherming tegen vocht.

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Warmteovergangswaarde			0,250			19,28	2236	0
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,250	0,050	0,05	680	19,14	2216	0,05
2	3 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,188	0,160	0,01	1	18,68	2153	0,06
3	20 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	1,250	0,160	0,01	1	18,22	2092	0,07
4	1,2 cm OSB/3	0,130	0,092	2,4	620	17,96	2057	2,47
5	30 cm isofloc L / LM	0,040	7,500	0,3	50	-3,57	453	2,77
6	2,2 cm Celit 4D (Isoproc)	0,048	0,458	0,11	250	-4,89	405	2,88
Warmteovergangswaarde			0,040					

Temperatuur (T), stoomverzadigingsdruk (ps) en de som van de sd-waarden (Σ sd) gelden bij de ondergrenzen.

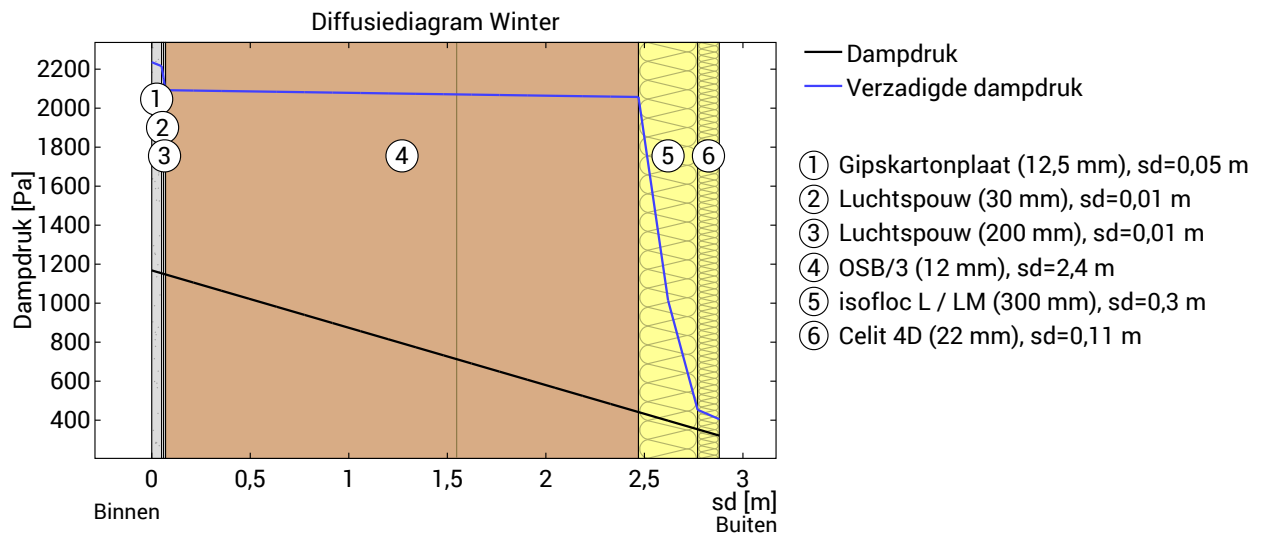
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 52%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.



Tauperiode (Winter)

Grenscondities	
Stoomdruk binnen bij 20°C en 50% luchtvochtigheid	pi = 1168 Pa
Stoomdruk buiten bij -5°C en 80% luchtvochtigheid	pe = 321 Pa
Duur van de dauwperiode (90 dagen)	tc = 7776000 s
Waterdampdiffusiegeleidingscoëfficiënt in statische lucht	$\delta_0 = 2.0E-10$ kg/(m*s*Pa)
sd-waarde (Volledig constructie)	sde = 2,88 m



Onder de veronderstelde omstandigheden is de onderzochte dwarsdoorsnede vrij van condenswater in de constructie.



Berechne Verdunstungspotential für die Trocknungsreserve in der Tauperiode für die Ebene mit dem geringsten Verdunstungspotential (bei $sd_{ev}=2,77$ m und $ps=453$ Pa):

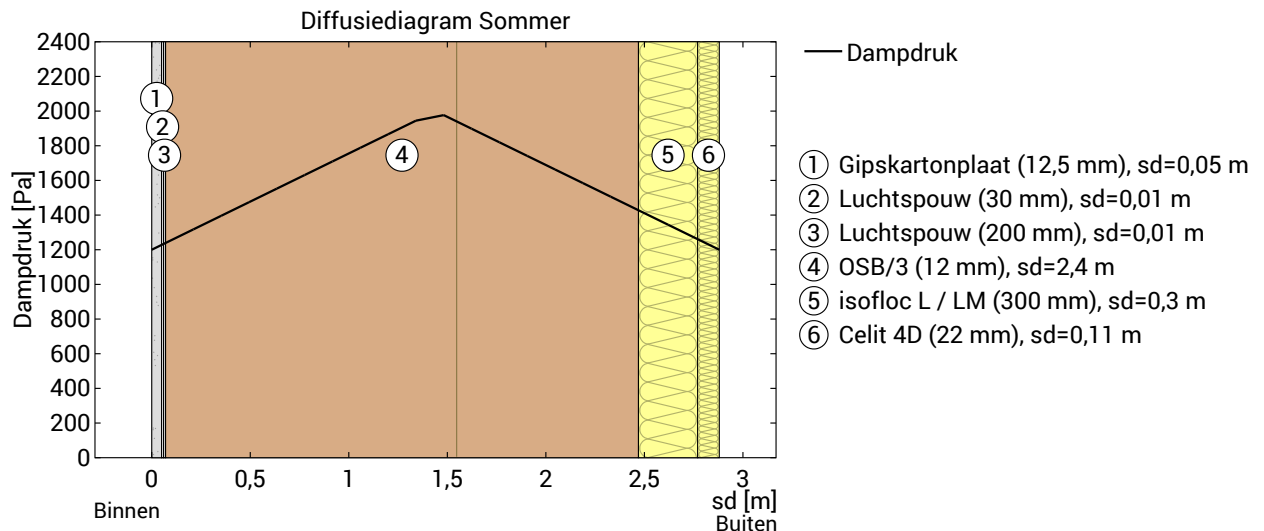
$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = tc * \delta_0 * ((ps-pi)/sd_{ev} + (ps-pe)/(sd_e-sd_{ev})) = 1,470 \text{ kg/m}^2$$

MOD Element Dak ixpando, U=0,14 W/(m²K)

Verdunstungsperiode (Sommer)

Grenscondities	
Dampdruk binnenin	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Dampdruk buiten	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Verzadigingsdampdruk in het condensatiewaterpeil	$p_s = 2000 \text{ Pa}$ (Dak tegen buitenlucht)
Duur van de verdampingsperiode (90 dagen)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$

sd-waarden blijven ongewijzigd.



Condensatievrij component: De maximaal mogelijke verdampingsmassa voor de droogreserve wordt berekend. Het vlak met de laagste verdampingsmassa binnen het houthoudende gebied wordt beschouwd als volgt

Binnenlaag OSB/3
met $s_d=1,44 \text{ m}$

Verdampingshoeveelheid: $M_{ev} = \delta_0 * t_{ev} * [(p_s - p_i) / s_d + (p_s - p_e) / (s_{de} - s_d)] = 1,73 \text{ kg/m}^2$

Evaluatie volgens DIN 4108-3

De constructie is diffusietechnisch toegestaan.

Droogreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Droogreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) * 1000 = 3198 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Ten minste vereist voor daken: $250 \text{ g/m}^2/\text{a}$



Aanwijzing

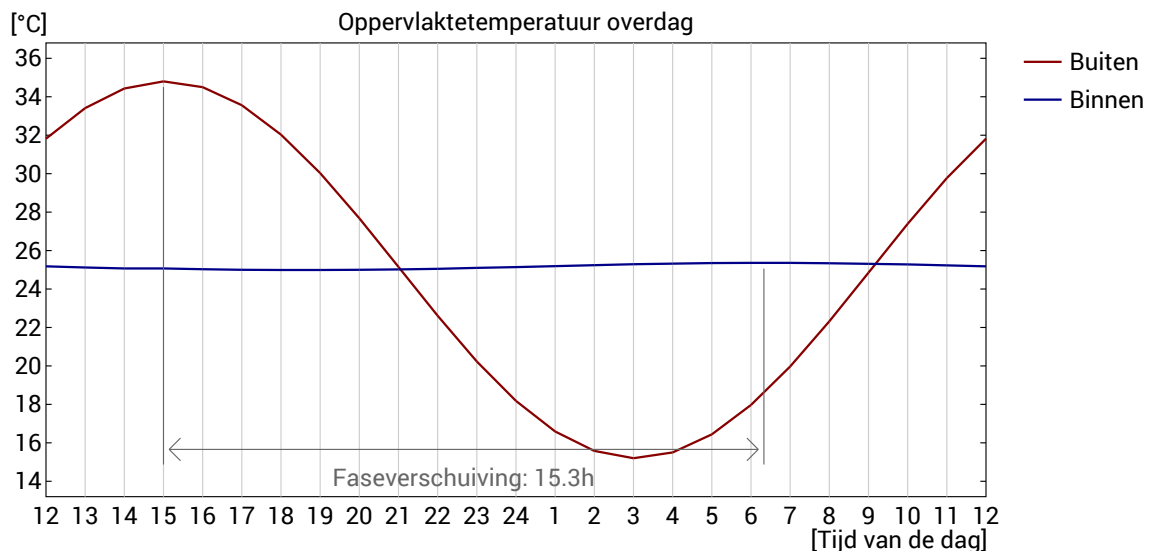
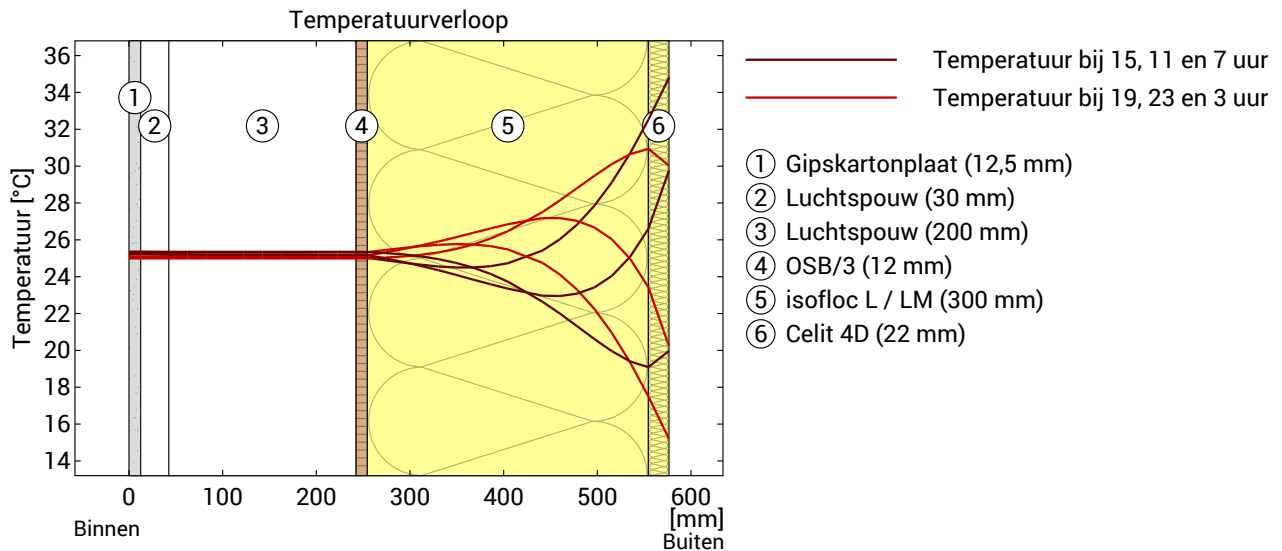
DIN 4108-3 beschrijft in paragraaf 5.3 componenten, waarvoor geen berekend bewijs van condensvorming vereist is, omdat er geen gevaar voor condensatie bestaat of omdat de procedure niet geschikt is voor beoordeling. Aan de hand van de beschikbare informatie kan niet worden beoordeeld of het onderzochte constructie is opgenomen.

Voor inhomogene constructies, zoals skelet-, tap- of kozijnconstructies, maar ook voor houten balken, daksparrren of houtskeletconstructies en dergelijke. de ééndimensionale diffusieberekeningen hoeven alleen voor het toepassingsgebied te worden geverifieerd. Uitzonderingen zijn speciale constructies, waarbij de diffusie-remmende laag ook in secties over het buitenoppervlak wordt gelegd. In deze uitzonderlijke gevallen is de hier uitgevoerde berekening ongeldig.

MOD Element Dak ixpando, U=0,14 W/(m²K)

Hittebescherming

Voor de analyse van de zomerwarmtebescherming werden de temperatuurveranderingen binnen het constructie gesimuleerd tijdens een warme zomerdag:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	15,3 h	Maximale binnentemperatuur: tijd:	6:15
Amplitude demping**	52,4	Temperatuurschommeling op het buitenoppervlak:	19,6°C
TAV***	0,019	Temperatuurschommeling aan de binnenzijde van het oppervlak:	0,4°C

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurloop tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenzijde, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: TAV = 1/Amplitude demping

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.